

В.О. ШАДУРА, кандидат технічних наук
Національний університет водного господарства та природокористування

ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНОГО ГІДРАВЛІЧНОГО ОПОРУ ВОДОЗАБІРНИХ СВЕРДЛОВИН ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ В ГІДРАВЛІЧНИХ РОЗРАХУНКАХ

Наведена причини втрат напору при русі води з пласта до свердловини та запропонована проста залежність визначення загального опору свердловини, яка може бути використана в математичній моделі для розрахунку підземних водозаборів із свердловинами, та служити для вирішення складних задач із визначення оптимальних режимів та інтенсифікації їх роботи.

Ключові слова: водоносний пласт, водозабірна свердловина, дебіт, математична модель, водозабір, гідрогеологічні умови, втрати напору, гідравлічний опір, кольматація, експлуатація.

Приведены причины потер напора при движении воды из водоносного пласта к скважине и предложена простая зависимость определения общего сопротивления скважины, которая может быть использована в математической модели для расчета подземных водозаборов из скважин, и может служить для решения сложных задач при определении оптимальных режимов и интенсификации их работы.

Ключові слова: водоносный пласт, водозаборная скважина, дебит, математическая модель, водозабор, гидрогеологические условия, потери напора, гидравлическое сопротивление, кольматация, эксплуатация.

Pressure loss factors during movement of water from water bearing bed to water well were reported. Offered a simple relationship determining the total resistance of the water well, which could be used in mathematical models to calculate underground water intake from water wells and used to solve complex problems for determining optimum operation and intensify their work.

Keywords: water bearing bed, water well, production rate, mathematical model, water intake, hydrogeological conditions, pressure loss, hydraulic resistance, colmatation, operation.

Як відомо, при відборі рідини із пористого середовища напір зменшується з наближенням від крайової зони до центру свердловини. Безпосередньо біля стінки свердловини можуть виникати додаткові втрати за рахунок зменшення проникності призабійної зони під впливом бурових робіт або кольматаційних процесів при відкачці.

Характерна особливість відбору рідини із свердловини - безперервне приєднання частинок рідини, що надходять крізь бічну поверхню, до основного потоку в приймальній частині. Тому рух потоку в приймальній частині свердловини проходить із зростаючою вздовж руху витратою опору. В зв'язку з тим, що швидкості вхідних частинок відрізняються за величиною та напрямку від швидкості основного потоку, приєднання частинок і вирівнювання швидкостей супроводжується втратами енергії на удар, обмін кількістю руху між частинками та перебудову профілю осьових швидкостей. Втікання рідини крізь бічну поверхню фільтра обумовлює появу нормальної складової на внутрішній поверхні фільтрової частини і, як наслідок цього, руйнування граничного шару та перетворення його в дискретні завихрення. В наслідок чого стрімко зростає опір руху, що виражається в додатковому зниженні напору в середині приймальній частині свердловини вздовж шляху руху рідини.

Рух частинок рідини в породі, фільтрі та обсадних колонах, виражається як в зниженні напору в периферійній зоні водоносного шару, так і в додатковому його зниженні в зоні впливу свердловини, безпосередньо в призабійній зоні. Таким чином, незалежно від умов фільтрації (напірні або безнапірні) між рівнями за стінкою свердловини та в ній існує розрив (скачок рівня), який залежить від ефекту накладання частинок породи на прохідні отвори фільтра, особливостей конструкції фільтра свердловини та втрат напору в колонах обсадних труб.

З врахуванням додаткових втрат напору внаслідок гідродинамічної досконалості свердловини вираз для пониження рівня всередині свердловини, можна також представити у вигляді рисунку (рис. 1) та математично (1) [1,с.58]

$$\Phi_x = f x_1 + f x_2 + f x_3 + f x_4, \quad (1)$$

де $f x_1$ – опір викликаний фільтром свердловини; $f x_2$ – опір викликаний із зміною водопроникності у призабійній зоні; $f x_3$ – опір, який характеризує порушення лінійного режиму руху води; $f x_4$ – додаткове пониження рівня біля зовнішньої стінки свердловини, обумовлене втратою напору всередині водопідйомних труб свердловини.

В співвідношенні (1) відображені фактори, що визначають характер притоку рідини в свердловину. Для аналізу кількісних характеристик притоку слід отримати диференціальні рівняння відносно понижень рівня і швидкостей потоку в свердловині. При цьому необхідно розглянути окремо зовнішню і внутрішню задачі для свердловини при заданій інтенсивності току вздовж приймальної частини. Під зовнішньою задачею розуміється фільтрація рідини в пласті, під внутрішньою – витікання рідини із пласту в свердловину і рух рідини всередині приймальної частини та в колонах обсадних труб.

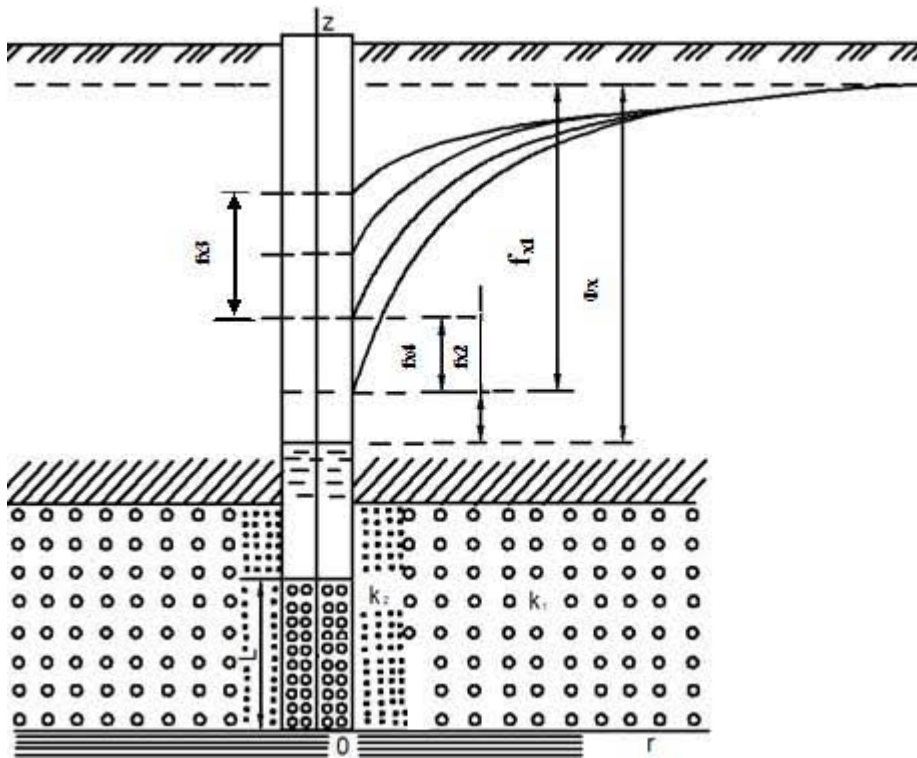


Рис. 1. Схема пониження напору у водоносному шарі та поблизу свердловини

Таким чином, у фільтрах з отворами, що затримують частинки породи, внаслідок зменшення розмірів водоприймальної площі при втіканні води в свердловину спостерігаються значні втрати напору.

При використанні математичного апарату підземної і трубопровідної гідравліки пониження рівня S_i в кожній з n свердловин, що діють, в загальному вигляді описується рівняннями вигляду [3,с.180]

$$S_{i_i} = f(Q_i, km_{ij}, a_{ij}, \xi_i, x_i, y_i, t), i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

де пониження рівня S_i виражає в кожній свердловині функціональну залежність від: дебітів Q , граничних умов і параметрів водоносного пласта (водопровідність (km) ; і коефіцієнта п'єзопровідності a_i або рівнепровідності μ), сумарні додаткові опори, обумовлені мірою і характером розкриття пласта ξ свердловин, координат розташування свердловин x_i, y_i і періоду роботи свердловини t .

Зокрема, система лінійних рівнянь (2) для несталого режиму фільтрації, необмеженого і однорідного пласта відповідно [3,с.180] має вигляд

$$S_i = \frac{1}{4\pi} \left[\frac{Q_i}{(km)_i} E_i \left(-\frac{r_i^2}{4a_i t} \right) + \frac{Q_i}{(km)_i} \xi_i + \sum \frac{Q_j}{(km)_i} E_i \left(-\frac{l_{ij}^2}{4a_{ij} t} \right) \right], \quad (3)$$

де S_i – пониження рівня в i -й свердловині, м; Q_i – дебіт i -й свердловини, м³/доб.; r_i – радіус свердловини, м; km – водопровідність пласта в місці i -й свердловини, м/доб.; a_{ij} – коефіцієнт п'єзопровідності в місці i -й свердловини, м²/доб.; t – час умовної стабільності рівнів, доб.; Q_j – дебіти взаємодіючих свердловин, м/доб.; l_{ij} – відстані до взаємодіючих

свердловин, м; $(mk)_{ij}$ – середня провідність пласта між i -й і j -й свердловинами, м/доб.; a_{ij} – середня величина коефіцієнта п'єзопровідності i -й j -й свердловин, м²/доб.; E_i – інтегральна показова функція.

Складові у цих формулах визначаються по досить складним залежностям і для практичних розрахунків на діючих водозабірних свердловинах не завжди можливо достовірно отримати.

Для здобуття необхідного ступеня точності відповідності математичній моделі натурі потрібна наявність фактичних значень параметрів системи [2], експериментальне визначення яких в масовому масштабі вимагає проведення величезного об'єму робіт по обстеженню водозаборів і необхідності наявності відповідних приладів і устаткування на свердловинах.

Заміна ж окремих параметрів теоретичними (характеристик насоса – паспортними даними; опорів трубопроводів – обчисленими по напівемпіричних залежностям; прийняття усереднених параметрів водоносного пласта, експлуатаційних запасів підземних вод, що використалися при оцінці) призводить до зниження точності наближення моделі до натурі в такій мірі, що цілі, що переслідуються при моделюванні, стають недосяжними. Відносна помилка визначених в такий спосіб параметрів пласта і опору фільтрів свердловин може досягти 1,50...2,5 рази, пропускна спроможність збірних водозаборів – 1,0...3,0 рази, характеристик насосного обладнання – 1,0...2,0 рази.

Головна задача, яка ставиться до математичної моделі заключається в тому, що результати гідравлічного розрахунку повинні відповідати і бути достатньо близькими до даних натурних замірів на діючих водозаборах. Найпростіше це те, що критерієм адекватності математичної моделі є співпадіння розрахункових та вимірних напорів на горловині та збірних водоводах свердловин [2, 198].

Оцінка загального опору свердловин зводиться до уточнення їх опорів з врахуванням кольматажу для математичної моделі.

Для практичних розрахунків загальних опорів свердловини користуються даними про фактичні опори, які отримані в результаті досліджень. Методика визначення загального опору водозабірних свердловин використовується для подальших гідравлічних розрахунків по реконструкції діючих водозабірних свердловин, а також по вибору оптимальних експлуатаційних режимів їх роботи. Необхідність проведення таких розрахунків викликана наступними причинами.

1. Зменшенням дебітів свердловин та зростанням загальних опорів внаслідок кольматациї в процесі експлуатації.
2. Спрощення, які допускаються для практичних розрахунків.
3. Не достатньою кількістю зібраних даних по діючим водозабірним свердловинам.
4. Для розрахунку сумісної роботи діючих водозабірних свердловин.
5. Для вироблення заходів по наладці, реконструкції та інтенсифікації роботи водозабірних свердловин.

Визначення загального опору свердловини проводиться поетапно:

- заміряють напори H_m на горловині свердловини зразковим манометром;
- заміряють витрати води Q ;
- заміряють динамічний рівень в свердловині Z .

Втрати напору в свердловині можна записати рівнянням

$$\Delta H = H_\phi - H_m - \Delta Z. \quad (4)$$

Або можна записати, як суму втрат напору в окремих її частин, а саме втрат напору в самій свердловині, насосній установці та комунікаціях

$$\Delta H = \Delta H_{св} + \Delta H_{н.уст} + \Delta H_{ком}. \quad (5)$$

Представивши останню формулу через витрати води та опір отримаємо

$$\Delta H = \theta_{св} Q + S_{н.уст} Q^2 + S_\phi Q^2. \quad (6)$$

Прирівняємо два рівняння (5) та (6) та отримаємо

$$\theta_{св} Q = \Delta H - S_{н.уст} Q^2 - S_\phi Q^2. \quad (7)$$

Замінивши ΔH із рівняння (4), отримаємо

$$\theta_{св} Q = H_\phi - H_m - \Delta Z - (S_{н.уст} + S_\phi) Q^2. \quad (8)$$

Перша частина рівняння представляє собою втрати напору у фільтрі і прифільтровій зоні. Записавши втрати напору в комунікаціях і насосній установці

$$h_k = (S_{н.уст} + S_\phi) Q^2. \quad (9)$$

Отримаємо загальний опір фільтра та прифільтрової зони

$$(H_\phi - H_m - \Delta Z - h_k) / Q. \quad (10)$$

Висновки

1. Гідравлічний опір фільтрів складається із опорів ґрунту і конструкції фільтра, що працює в контакті з цим ґрунтом. Безпосередній контакт зерен породи з водоприймальними отворами приводить до їх закупорювання, збільшенню гідравлічного опору.

2. Запропоновані нові залежності, які враховують загальний опір водозабірної свердловини.

3. Застосування спрощеної залежності загального опору, який враховує кольматацию фільтра та прифільтрової зони, при моделюванні водозабірних свердловин, дозволяє просто проводити гідравлічні розрахунки сумісної роботи свердловини – водоводи – резервуари.

Список літератури

1. *Дренаж переувлажненних земель* // Олейник А.Я., Поляков В.Л. К.: Наук.думка, 1987. 280 с.

2. *Шадура В.О.* Визначення коефіцієнта збільшення опору фільтрів водозабірних свердловин. Актуальні проблеми систем теплогазопостачання і

вентиляції, водопостачання і водовідведення. Зб.наук. праць. Рівне: НУВГП,2015. 198 с.

3. *Системы* питьевого водоснабжения с водозаборными скважинами: планирование, проектирование, строительство и эксплуатация: Монография /А.Д. Гуринович. Мн.:УП«Технопринт», 2004. 244 с.

Надійшло до редакції 22.11.2016